

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА



ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ

ИНФОРМАЦИИ

СОВРЕМЕННАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ

Метеорологические прогнозы разделяются на три основных класса по пространственно-временному признаку:

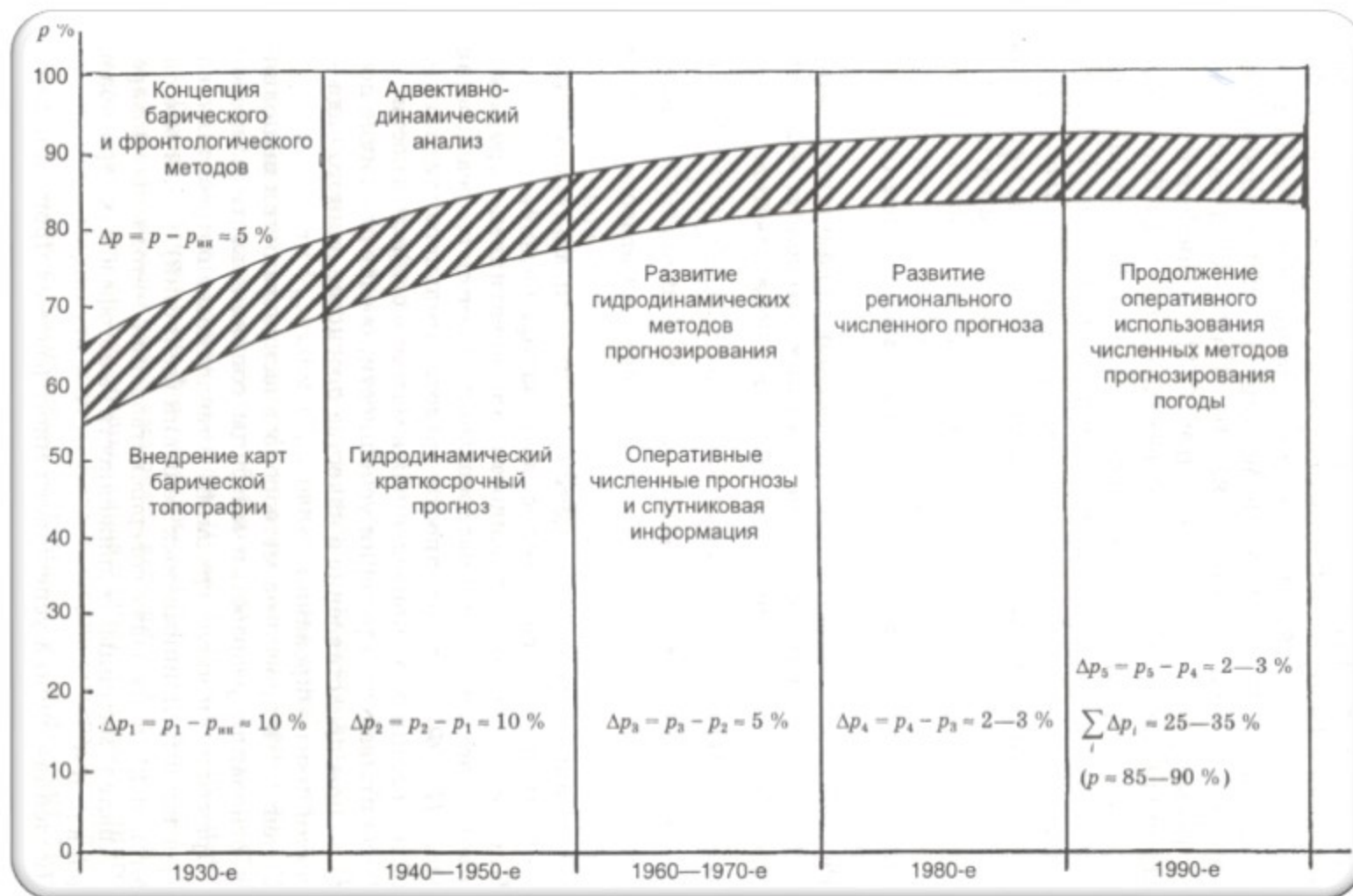
- по охвату территории;
- периоду действия – периоду упреждения;
- по интенсивности явления.

См. лекцию 2 и Хандожко Л.А. Экономическая метеорология, раздел II, глава 4, стр. 100-113).

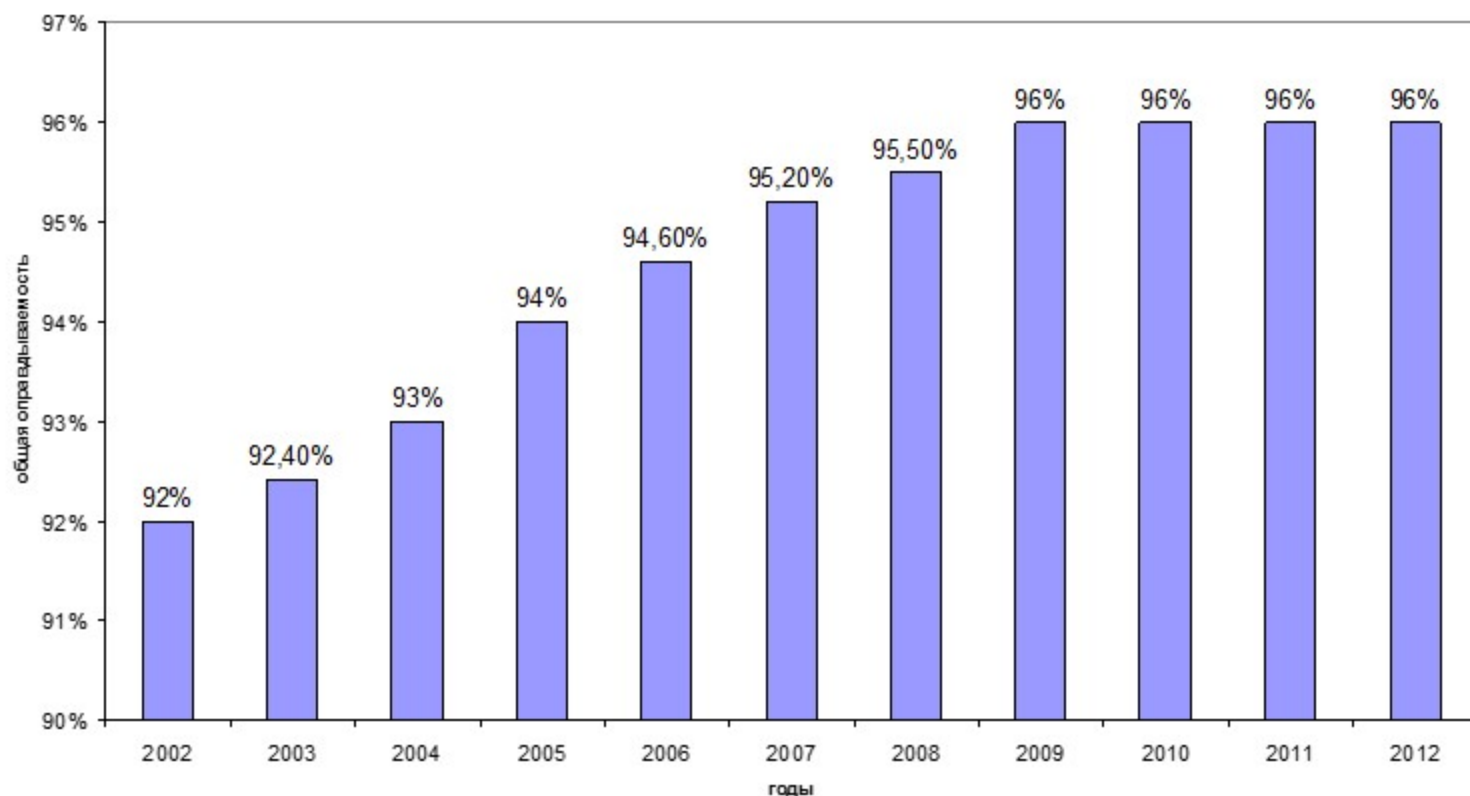
Под *системой* оценки успешности прогнозов понимается набор правил и численных мер оценки, удовлетворяющих решению целевой задачи



ДИНАМИКА УСПЕШНОСТИ КРАТКОСРОЧНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ



ДИНАМИКА ОПРАВДЫВАЕМОСТИ КРАТКОСРОЧНЫХ ПРОГНОЗОВ (НА СУТКИ) ЗА ПЕРИОД С 2002 ПО 2012 ГОД



Под *системой* оценки успешности прогнозов понимается набор правил и численных мер оценки, удовлетворяющих решению целевой задачи



ОБЩИЙ ВИД МАТРИЦЫ СОПРЯЖЕННОСТИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПРОГНОЗОВ

Фактически наблюдалось, Φ_i	Прогнозировалось, Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π - наличие явления, неблагоприятного условия погоды	$\bar{\Pi}$ - отсутствие явления, неблагоприятного условия погоды	
Φ - явление наблюдалось	n_{11}	n_{12}	n_{10}
$\bar{\Phi}$ - явление не наблюдалось	n_{21}	n_{22}	n_{20}
$\sum_{i=1}^{n=2} n_i$	n_{01}	n_{02}	N

СОЧЕТАНИЯ МАТРИЦЫ СОПРЯЖЕННОСТЕЙ

n_{11} – число успешных прогнозов наличия явления $\Pi \sim \Phi$,

n_{22} – число успешных прогнозов отсутствия явления $\bar{\Pi} \sim \bar{\Phi}$,

n_{12} – число ошибочных прогнозов отсутствия явления $\bar{\Pi} \sim \Phi$,

n_{21} – число ошибочных прогнозов наличия явления $\Pi \sim \bar{\Phi}$,

n_{10} – фактическое число случаев с неблагоприятным явлением или условием погоды Φ ,

n_{20} – фактическое число случаев с отсутствием неблагоприятной погоды $\bar{\Phi}$,

n_{01} – общее число прогнозов опасных явлений или неблагоприятных условий погоды Π ,

n_{02} – общее число прогнозов отсутствия явления или неблагоприятного условия погоды $\bar{\Pi}$,

N – общее число прогнозов

СОЧЕТАНИЯ МАТРИЦЫ СОПРЯЖЕННОСТЕЙ

n_{11} – число успешных прогнозов наличия явления $\Pi \sim \Phi$,

n_{22} – число успешных прогнозов отсутствия явления $\bar{\Pi} \sim \bar{\Phi}$,

n_{12} – число ошибочных прогнозов отсутствия явления $\bar{\Pi} \sim \Phi$,

n_{21} – число ошибочных прогнозов наличия явления $\Pi \sim \bar{\Phi}$,

n_{10} – фактическое число случаев с неблагоприятным явлением или условием погоды Φ ,

n_{20} – фактическое число случаев с отсутствием неблагоприятной погоды $\bar{\Phi}$,

n_{01} – общее число прогнозов опасных явлений или неблагоприятных условий погоды Π ,

n_{02} – общее число прогнозов отсутствия явления или неблагоприятного условия погоды $\bar{\Pi}$,

N – общее число прогнозов

СХЕМА РАЗРАБОТКИ МАТРИЦЫ СОПРЯЖЕННОСТИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МЕТОДИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ

- За выбранный период времени устанавливается общее число прогнозов N и фактически наблюдавшееся число явлений Φ , т.е. n_{10} .
- Устанавливается число случаев отсутствия явления $\bar{\Phi}$: $n_{20} = N - n_{10}$.
- По прогностическим материалам (дневникам, журналам и т.д.) находится число случаев, когда явление прогнозировалось Π , то есть n_{01} .
- Определяется число случаев, когда явление не прогнозировалось $n_{02} = N - n_{01}$.
- Остается установить частоты n_{ij} собственно матрицы сопряженности: $n_{11}, n_{12}, n_{21}, n_{22}$. Это достаточно простая операция, если установить число оправдавшихся прогнозов наличия явления, т.е. n_{11} . Остальные частоты определяются как разностные значения: $n_{12} = n_{10} - n_{11}$, $n_{21} = n_{01} - n_{11}, n_{22} = n_{02} - n_{12}$.

СХЕМА РАЗРАБОТКИ МАТРИЦЫ СОПРЯЖЕННОСТИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИНЕРЦИОННЫХ ПРОГНОЗОВ

- Фактически наблюдавшиеся частоты наличия (Φ) или отсутствия ($\bar{\Phi}$) явления (или опасных и неопасных значений метеорологической величины), то есть соответственно n_{10} и n_{20} остаются те же, что и в матрице сопряженности методических прогнозов.
- Инерционные прогнозы обладают свойством несмещенности, что всегда прослеживается в матрице сопряженности этого вида прогнозов. Иначе, $n_{01} = n_{10}$ и $n_{02} = n_{20}$. Кроме того, $n_{12} = n_{21}$.
- Далее необходимо определить элементы собственно матрицы сопряженности: $n_{11}^{ин}$, $n_{21}^{ин}$, $n_{12}^{ин}$, $n_{22}^{ин}$. Здесь достаточно рассчитать только частоту $n_{12}^{ин}$ – число ошибок – пропусков. Остальные частоты определяются способом разностей: $n_{11} = n_{10} - n_{12}$, $n_{22} = n_{20} - n_{21}$.
- Частота $n_{12}^{ин}$ рассчитывается по фактическим данным для суточного или полусуточного прогноза. Поскольку исходное условие погоды рассматривается как прогноз ($\Phi = \Pi_{ин}$, $\bar{\Phi} = \bar{\Pi}_{ин}$), а последующее условие погоды (через 24 часа или через 12 часов) – есть факт ($\Phi, \bar{\Phi}$), то ошибки пропуски ($n_{12}^{ин}$) это будут те случаи, когда в исходные сроки явление или неблагоприятная погода не отмечается, а в последующие сутки или 12-часовой период наблюдаются.

МАТРИЦЫ СОПРЯЖЕННОСТИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПРОГНОЗОВ СКОРОСТИ ВЕТРА (ПРИ $V \geq 12$ М/С), Г. ЛИЕПАЯ

Фактически наблюдалось, Φ_i	Прогнозировалось, Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π ≥ 12 м/с	$\bar{\Pi}$ 0-11 м/с	
Φ ≥ 12 м/с	494	35	529
$\bar{\Phi}$ 0-11 м/с	143	414	557
$\sum_{i=1}^{n=2} n_i$	637	449	1086

Фактически наблюдалось, Φ_i	Прогнозировалось, Π_j		$\sum_{i=1}^{n=2} n_i$
	Π ≥ 12 м/с	$\bar{\Pi}$ 0-11 м/с	
Φ ≥ 12 м/с	354	175	529
$\bar{\Phi}$ 0-11 м/с	175	382	557
$\sum_{i=1}^{n=2} n_i$	529	557	1086

МАТРИЦА СОПРЯЖЕННОСТИ МНОГОФАЗОВЫХ ПРОГНОЗОВ

Фактически наблюдалось, Φ_i	Прогнозировалось, Π_j					$\sum_{j=1}^m n_j$
	Π_1	Π_2	Π_3	... Π_j ...	Π_m	
Φ_1	n_{11}	n_{12}	n_{13}	n_{1j}	n_{1m}	n_{10}
Φ_2	n_{21}	n_{22}	n_{23}	n_{2j}	n_{2m}	n_{20}
Φ_3	n_{31}	n_{32}	n_{33}	n_{3j}	n_{3m}	n_{30}
... Φ_i ...	n_{i1}	n_{i2}	n_{i3}	n_{ij}	n_{im}	n_{i0}
Φ_n	n_{n1}	n_{n2}	n_{n3}	n_{nj}	n_{nm}	n_{n0}
$\sum_{i=1}^n n_i$	n_{01}	n_{02}	n_{03}	n_{0j}	n_{0m}	N

ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ МНОГОФАЗОВОЙ МАТРИЦЫ СОПРЯЖЕННОСТИ



Многофазовые матрицы сопряженности прогнозов скорости ветра для
Новгорода за период с 1989 по 1993 гг.

→
В метрах в секунду

Фактически наблюдалось, Φ_i	Прогнозировалось, Π_j							$\sum_{j=1}^m n_j$
	0 – 5	6 – 8	9 – 11	12 – 14	15 – 17	18 – 20	≥ 21	
0 – 5	56	32	11	1	0	0	0	100
6 – 8	18	101	65	10	4	0	0	198
9 – 11	1	37	114	44	24	1	0	221
12 – 14	0	6	32	36	22	3	0	99
15 – 17	0	3	8	10	63	12	1	97
18 – 20	0	1	4	4	7	36	0	52
≥ 21	0	0	0	1	0	3	3	7
$\sum_{i=1}^n n_i$	75	180	234	106	120	55	4	774

←

↑

Матрица сопряженности методических прогнозов среднесуточной температуры воздуха, 2003– 2008 гг.

Φ_i	Π_j														$\sum_{j=1}^n n_j$
	-30...-28	-27...-25	-24...-22	-21...-19	-18...-16	-15...-13	-12...-10	-9...-7	-6...-4	-3...-1	0...+2	+3...+5	+6...+8	+9 и более	
-30...-28	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
-27...-25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
-24...-22	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
-21...-19	0	0	2	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
-18...-16	0	0	0	3	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	12
-15...-13	0	0	0	0	5	18	6	2	0	0	0	0	0	0	31
-12...-10	0	0	0	0	3	8	22	9	3	0	0	0	0	0	45
-9...-7	0	0	0	0	0	3	31	30	16	2	0	0	0	0	82
-6...-4	0	0	0	0	0	0	9	21	63	24	1	0	0	0	118
-3...-1	0	0	0	0	0	0	0	8	47	99	16	1	0	0	171
0...+2	0	0	0	0	0	0	0	1	6	47	123	18	2	2	199
+3...+5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	32	102	20	2	161
+6...+8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	25	63	24	121
+9 и более	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	23	82	106
$\sum_{i=1}^n n_i$	0	1	5	9	17	32	69	71	137	175	181	147	108	110	1062

Матрица сопряженности инерционных прогнозов среднесуточной температуры воздуха, 2003– 2008 гг.

Φ_i	Π_j														$\sum_{j=1}^n n_j$
	-30...-28	-27...-25	-24...-22	-21...-19	-18...-16	-15...-13	-12...-10	-9...-7	-6...-4	-3...-1	0...+2	+3...+5	+6...+8	+9 и более	
-30...-28	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
-27...-25	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
-24...-22	0	1	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5
-21...-19	0	0	2	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8
-18...-16	0	0	0	2	4	5	1	0	0	0	0	0	0	0	12
-15...-13	0	0	0	0	4	9	10	5	2	1	0	0	0	0	31
-12...-10	0	0	0	1	2	9	14	11	7	1	0	0	0	0	45
-9...-7	0	0	0	0	1	5	12	30	27	6	1	0	0	0	82
-6...-4	0	0	0	0	0	2	5	25	34	40	11	1	0	0	118
-3...-1	0	0	0	0	0	0	3	8	32	87	40	1	0	0	171
0...+2	0	0	0	0	0	0	0	3	15	33	113	26	8	1	199
+3...+5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	29	92	31	6	161
+6...+8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	36	55	25	121
+9 и более	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	27	74	106
$\sum_{i=1}^n n_i$	2	1	5	8	12	31	45	82	118	171	199	161	121	106	1062

ЧИСЛЕННАЯ ОЦЕНКА

УСПЕШНОСТИ



МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ

ПРОГНОЗОВ

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАВИСИМОСТИ ПРИЗНАКОВ Π И Φ

Критерий независимости Пирсона

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{(n_{ij} - n_{ij}^{сл})^2}{n_{ij}^{сл}}$$

где $n_{ij}^{сл} = \frac{n_{i0}n_{0j}}{N}$.

$\chi_{\alpha, \nu}^2$ - теоретическое (табличное) значение критерия Пирсона;

α - уровень значимости, обычно меняется в пределах от 0,001 до 0,05;

ν - число степеней свободы, определяется по формуле $\nu = (\psi_1 - 1)(\psi_2 - 1)$, где ψ_1 , ψ_2 - количество строк и столбцов в матрице.

$\chi^2 > \chi_{\alpha, \nu}^2$ гипотеза о независимости признаков Π и Φ отклоняется

$\chi^2 \leq \chi_{\alpha, \nu}^2$ гипотеза о независимости признаков Π и Φ не отклоняется

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ (ТАБЛИЧНЫЕ) ЗНАЧЕНИЯ $\chi^2_{\alpha, \nu}$ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЧИСЛАХ СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ И РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ ЗНАЧИМОСТИ

$\nu \backslash \alpha$.995	.990	.975	.950	.900	.750	.500	.250	.100	.050	.025	.010	.005
1	0.00004	0.00016	0.00098	0.00393	0.01579	0.10153	0.45494	1.32330	2.70554	3.84146	5.02389	6.63490	7.87944
2	0.01003	0.02010	0.05064	0.10259	0.21072	0.57536	1.38629	2.77259	4.60517	5.99146	7.37776	9.21034	10.59663
3	0.07172	0.11483	0.21580	0.35185	0.58437	1.21253	2.36597	4.10834	6.25139	7.81473	9.34840	11.34487	12.83816
4	0.20699	0.29711	0.48442	0.71072	1.06362	1.92256	3.35669	5.38527	7.77944	9.48773	11.14329	13.27670	14.86026
5	0.41174	0.55430	0.83121	1.14548	1.61031	2.67460	4.35146	6.62568	9.23636	11.07050	12.83250	15.08627	16.74960
6	0.67573	0.87209	1.23734	1.63538	2.20413	3.45460	5.34812	7.84080	10.64464	12.59159	14.44938	16.81189	18.54758
7	0.98926	1.23904	1.68987	2.16735	2.83311	4.25485	6.34581	9.03715	12.01704	14.06714	16.01276	18.47531	20.27774
8	1.34441	1.64650	2.17973	2.73264	3.48954	5.07064	7.34412	10.21885	13.36157	15.50731	17.53455	20.09024	21.95495
9	1.73493	2.08790	2.70039	3.32511	4.16816	5.89883	8.34283	11.38875	14.68366	16.91898	19.02277	21.66599	23.58935
10	2.15586	2.55821	3.24697	3.94030	4.86518	6.73720	9.34182	12.54886	15.98718	18.30704	20.48318	23.20925	25.18818
11	2.60322	3.05348	3.81575	4.57481	5.57778	7.58414	10.34100	13.70069	17.27501	19.67514	21.92005	24.72497	26.75685
12	3.07382	3.57057	4.40379	5.22603	6.30380	8.43842	11.34032	14.84540	18.54935	21.02607	23.33666	26.21697	28.29952
13	3.56503	4.10692	5.00875	5.89186	7.04150	9.29907	12.33976	15.98391	19.81193	22.36203	24.73560	27.68825	29.81947
14	4.07467	4.66043	5.62873	6.57063	7.78953	10.16531	13.33927	17.11693	21.06414	23.68479	26.11895	29.14124	31.31935
15	4.60092	5.22935	6.26214	7.26094	8.54676	11.03654	14.33886	18.24509	22.30713	24.99579	27.48839	30.57791	32.80132
16	5.14221	5.81221	6.90766	7.96165	9.31224	11.91222	15.33850	19.36886	23.54183	26.29623	28.84535	31.99993	34.26719
17	5.69722	6.40776	7.56419	8.67176	10.08519	12.79193	16.33818	20.48868	24.76904	27.58711	30.19101	33.40866	35.71847
18	6.26480	7.01491	8.23075	9.39046	10.86494	13.67529	17.33790	21.60489	25.98942	28.86930	31.52638	34.80531	37.15645
19	6.84397	7.63273	8.90652	10.11701	11.65091	14.56200	18.33765	22.71781	27.20357	30.14353	32.85233	36.19087	38.58226
20	7.43384	8.26040	9.59078	10.85081	12.44261	15.45177	19.33743	23.82769	28.41198	31.41043	34.16961	37.56623	39.99685
21	8.03365	8.89720	10.28290	11.59131	13.23960	16.34438	20.33723	24.93478	29.61509	32.67057	35.47888	38.93217	41.40106
22	8.64272	9.54249	10.98232	12.33801	14.04149	17.23962	21.33704	26.03927	30.81328	33.92444	36.78071	40.28936	42.79565
23	9.26042	10.19572	11.68855	13.09051	14.84796	18.13730	22.33688	27.14134	32.00690	35.17246	38.07563	41.63840	44.18128
24	9.88623	10.85636	12.40115	13.84843	15.65868	19.03725	23.33673	28.24115	33.19624	36.41503	39.36408	42.97982	45.55851
25	10.51965	11.52398	13.11972	14.61141	16.47341	19.93934	24.33659	29.33885	34.38159	37.65248	40.64647	44.31410	46.92789
26	11.16024	12.19815	13.84390	15.37916	17.29188	20.84343	25.33646	30.43457	35.56317	38.88514	41.92317	45.64168	48.28988
27	11.80759	12.87850	14.57338	16.15140	18.11390	21.74940	26.33634	31.52841	36.74122	40.11327	43.19451	46.96294	49.64492
28	12.46134	13.56471	15.30786	16.92788	18.93924	22.65716	27.33623	32.62049	37.91592	41.33714	44.46079	48.27824	50.99338
29	13.12115	14.25645	16.04707	17.70837	19.76774	23.56659	28.33613	33.71091	39.08747	42.55697	45.72229	49.58788	52.33562
30	13.78672	14.95346	16.79077	18.49266	20.59923	24.47761	29.33603	34.79974	40.25602	43.77297	46.97924	50.89218	53.67196

Критерии успешности прогнозов

Критерий надежности прогнозов Н (критерий Багрова) - характеризует относительное приращение общей оправдываемости оцениваемых прогнозов (по сравнению со случайными) к максимально возможному.

$$H = \frac{p - p_{сл}}{100 - p_{сл}}$$

H = 0 - прогнозы на уровне случайных

$$H \geq 0.5$$

H = 1 - прогнозы на уровне идеальных

Критерий точности прогнозов Q (критерий Обухова) - выражает долю точных прогнозов при известной повторяемости фаз явлений

$$Q = 1 - \left(\frac{n_{12}}{n_{10}} + \frac{n_{21}}{n_{20}} \right)$$

Q = 1 - прогнозы на уровне идеальных

$$Q \geq 0.5$$

Q = 0 - прогнозы на уровне случайных

Q = -1 - все прогнозы ошибочны

Критерий Хайдке S - показатель преимущества методического прогноза относительно стандартного

$$S = \frac{(n_{11} + n_{22}) - E_{ст}}{N - E_{ст}}$$

S = 0 - прогнозы на уровне стандартных

S = 1 - прогнозы на уровне идеальных

$$E_{ст} = E_{шт} = n_{11}^{шт} + n_{22}^{шт}$$

Показатель взаимной сопряженности признаков К (коэффициент сопряженности Чупрова) - позволяет сравнить значения связей с различными числами степеней свободы

$$K = \sqrt{\frac{\chi^2}{N \sqrt{(\psi_1 - 1)(\psi_2 - 1)}}$$

K = 0 - прогнозы на уровне случайных, признаки П и Ф независимы

K = 1 - идеальная сопряженность признаков П и Ф, прогнозы на уровне идеальных

Меры Гутмана λ используются для количественной оценки связи между признаками Π и Φ

1. В выбранной совокупности случаев сочетания признаков Π и Φ необходимо установить возможность осуществления Φ . Уменьшение относительной ошибки прогноза признака Φ определяется по формуле:

$$\lambda(\Pi / \Phi) = \frac{\sum_{j=1}^m n_{j \text{ макс}} - n_{i0 \text{ макс}}}{N - n_{i0 \text{ макс}}}$$

2. Необходимо дать оценку признаку Π на основании осуществления признака Φ . Уменьшение относительной ошибки предсказания Π на основании признака Φ определяется по формуле

$$\lambda(\Phi / \Pi) = \frac{\sum_{i=1}^n n_{i \text{ макс}} - n_{0j \text{ макс}}}{N - n_{0j \text{ макс}}}$$

3. Для оценки общей связности признаков Π и Φ используется обобщенная мера

$$\lambda = \frac{\left(\sum_{j=1}^m n_{j \text{ макс}} - n_{i0 \text{ макс}} \right) + \left(\sum_{i=1}^n n_{i \text{ макс}} - n_{0j \text{ макс}} \right)}{\left(N - n_{i0 \text{ макс}} \right) + \left(N - n_{0j \text{ макс}} \right)}$$

$n_{j \text{ макс}}$	максимальное значение частоты в j – м столбце	$n_{0j \text{ макс}}$	максимальное значение частоты в строке сумм, определяющих повторяемость текстов прогнозов
$n_{i \text{ макс}}$	максимальное значение частоты в i – ой строке	$n_{i0 \text{ макс}}$	максимальное значение частоты в строке сумм, определяющих повторяемость фаз явления или условия погоды

информационное отношение v -показывает, какая часть неопределенности климатологических прогнозов устраняется с помощью методических прогнозов

$$v = \frac{H(\Phi) - H(\Pi)}{H(\Phi)} = 1 - \frac{H(\Pi)}{H(\Phi)} \quad \begin{array}{l} v = 0 \text{ - прогнозы на уровне случайных} \\ v = 1 \text{ - прогнозы на уровне идеальных} \end{array}$$

$H(\Phi)$ - климатическая (безусловная) энтропия реализации явления:

$$H(\Phi) = - \sum_{i=1}^n p(\Phi_i) \lg p(\Phi_i)$$

$p(\Phi_i)$ - вероятность (повторяемость) фаз явления: $p(\Phi_i) = p_{i0} = \frac{n_{i0}}{N}$

$H(\Pi)$ - прогностическая (условная) энтропия реализации явления:

$$H(\Pi) = - \sum_{j=1}^m p(\Pi_j) H(\Pi_j / \Phi_i)$$

$p(\Pi_j)$ - вероятность (повторяемость) текстов прогноза: $p(\Pi_j) = \frac{n_{0j}}{N}$

$H(\Pi_j / \Phi_i)$ - частная энтропия : $H(\Pi_j / \Phi_i) = \sum_{i=1}^n p(\Pi_j / \Phi_i) \lg p(\Pi_j / \Phi_i)$

$p(\Pi_j / \Phi_i)$ - условная вероятность вида $q_{ij} = \frac{p_{ij}}{p_{0j}} = \frac{n_{ij}}{n_{0j}}$

Меры Гудмэна и Крускала τ характеризуют успешность прогнозирования различных категорий Π , выраженную пропорционально частоте фактически наблюдавшихся фаз явления Φ .

для оценки взаимосвязи $\Pi \sim \Phi$ устанавливается мера

$$\tau(\Pi / \Phi) = \frac{\sum_i \sum_j [(Nn_{ij} - n_{i0}n_{0j})^2 / n_{0j}]}{N(N^2 - \sum_i n_{i0}^2)}$$

для оценки взаимосвязи $\Phi \sim \Pi$ устанавливается мера

$$\tau(\Phi / \Pi) = \frac{\sum_i \sum_j [(Nn_{ij} - n_{i0}n_{0j})^2 / n_{i0}]}{N(N^2 - \sum_j n_{0j}^2)}$$

общая мера τ принимает вид

$$\tau = \frac{\sum_i \sum_j [(Nn_{ij} - n_{i0}n_{0j})^2 / n_{0j}] + \sum_i \sum_j [(Nn_{ij} - n_{i0}n_{0j})^2 / n_{i0}]}{2N^3 - N(\sum_i n_{i0}^2 + \sum_j n_{0j}^2)}$$

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ

ОПИСАНИЕ



ПОГОДОЗАВИСИМОСТИ

ЭКОНОМИЧЕСКОЙ

ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

СИСТЕМА «ПОГОДА – ПРОГНОЗ – ПОТРЕБИТЕЛЬ»

Функция полезности потребителя

$$\Theta_{ij} = \Theta(\Phi_i, d_j)$$

Θ - полезность прогностической информации

Φ_i - фактическая погода с определенным значением метеорологических условий

d_j - погодо-хозяйственные решения и действия потребителя в расчете на ожидаемую погоду Π_j

Форма представления функции полезности:

- аналитическая
- графическая
- дискретная



АЛЬТЕРНАТИВНАЯ МАТРИЦА ПОТЕРЬ ПОТРЕБИТЕЛЯ

Фактическая погода, Φ_i	Действия потребителя, использующего прогноз $d(\Pi_j) = d_j$	
	$d(\Pi)$ – действие потребителя, получившего прогноз опасных условий погоды	$d(\bar{\Pi})$ – действие потребителя, получившего прогноз благоприятной погоды
Φ – фактически наблюдавшиеся опасные условия погоды	$S_{11} + \varepsilon S_{12}$	S_{12}
$\bar{\Phi}$ – фактически наблюдавшаяся благоприятная погода	S_{21}	S_{22}

$$(s_{ij}) = \begin{vmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} C & L \\ C & 0 \end{vmatrix}$$

Альтернативная матрица потерь потребителя при кардинальных мерах защиты

Фактически наблюдалась погода, Φ_i	Потребитель принимает решение d_j , ориентируясь на прогноз, Π_j	
	$d(\Pi)$ - принимаются меры защиты согласно тексту прогноза Π	$d(\bar{\Pi})$ - меры защиты не принимаются, работа выполняется согласно тексту прогноза $\bar{\Pi}$
Φ	s_{11}	s_{12}
$\bar{\Phi}$	s_{21}	s_{22}

$$S_{ij} = \begin{vmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{vmatrix}_{\varepsilon=0} = \begin{vmatrix} C & L \\ C & 0 \end{vmatrix}_{\varepsilon=0}$$

1. Ситуация $d(\Pi) \sim \Phi$: s_{11} - стоимость мер защиты (оправданные меры защиты).

Потребитель применяет меры защиты, ожидая неблагоприятную погоду (согласно тексту прогноза). Применяемые потребителем меры защиты достаточно эффективны и полностью предотвращают потери по метеорологическим причинам.

cost

2. Ситуация $d(\Pi) \sim \bar{\Phi}$: s_{21} - стоимость мер защиты (напрасно принятые меры защиты). Потребитель применяет меры защиты в ожидании неблагоприятной погоды (согласно тексту прогноза), но фактически наблюдаются благоприятные погодные условия.

cost

3. Ситуация $d(\bar{\Pi}) \sim \Phi$: s_{12} - максимально возможные потери. Потребитель не применяет мер защиты, ожидая благоприятную погоду (согласно тексту прогноза). Фактически наблюдаются опасные условия погоды.

loss

4. Ситуация $d(\bar{\Pi}) \sim \bar{\Phi}$: s_{22} - потери потребителя при успешном прогнозе благоприятных условий погоды, $s_{22}=0$.

Альтернативная матрица потерь при некардинальных мерах защиты

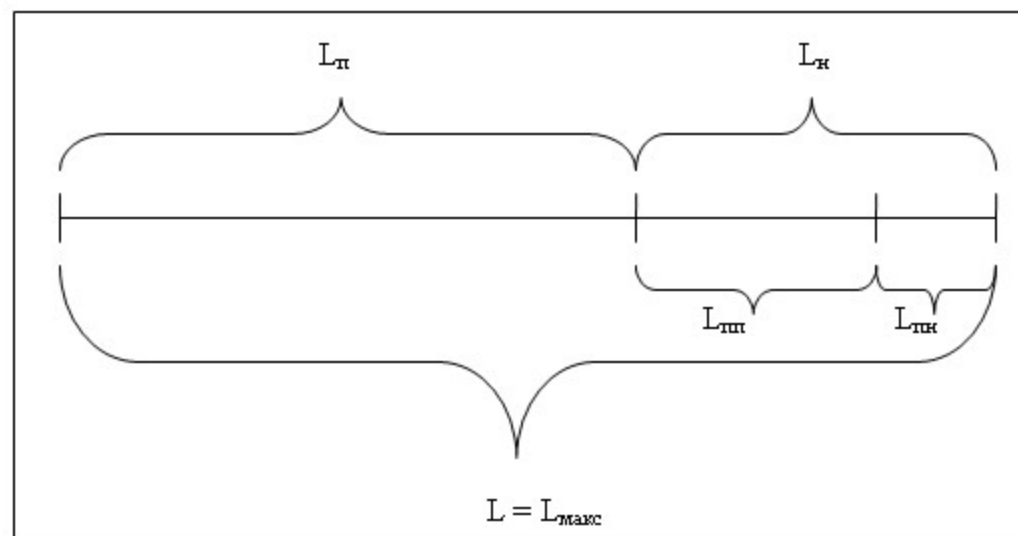
Фактически наблюдалась погода, Φ_i	Потребитель принимает решение d_j , ориентируясь на прогноз, Π_j	
	d (Π) - принимаются меры защиты согласно тексту прогноза Π	d ($\bar{\Pi}$) - меры защиты не принимаются, работа выполняется согласно тексту прогноза $\bar{\Pi}$
Φ	$s_{11} + \varepsilon \cdot s_{12}$	s_{12}
$\bar{\Phi}$	s_{21}	s_{22}

$d(\Pi) \sim \Phi$ – потребитель применяет меры защиты. Меры защиты, применяемые потребителем, недостаточно эффективны и не могут полностью предотвратить потери по метеорологическим причинам. Помимо издержек на меры защиты величины S_{11} или C , потребитель испытывает не предотвращённые потери в размере: εS_{12} или εL .

ε – это коэффициент не предотвращённых потерь, который характеризует эффективность применения защитных мер, имеющийся в распоряжении потребителя и ориентированный на конкретные неблагоприятные условия погоды.

$$(s_{ij}) = \begin{vmatrix} s_{11} + \varepsilon S_{12} & s_{12} \\ s_{21} & s_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} C + \varepsilon L & L \\ C & 0 \end{vmatrix}$$

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ



Максимально возможные потери – это прямые убытки потребителя в случае наступления неблагоприятной погоды и отсутствии мер защиты.

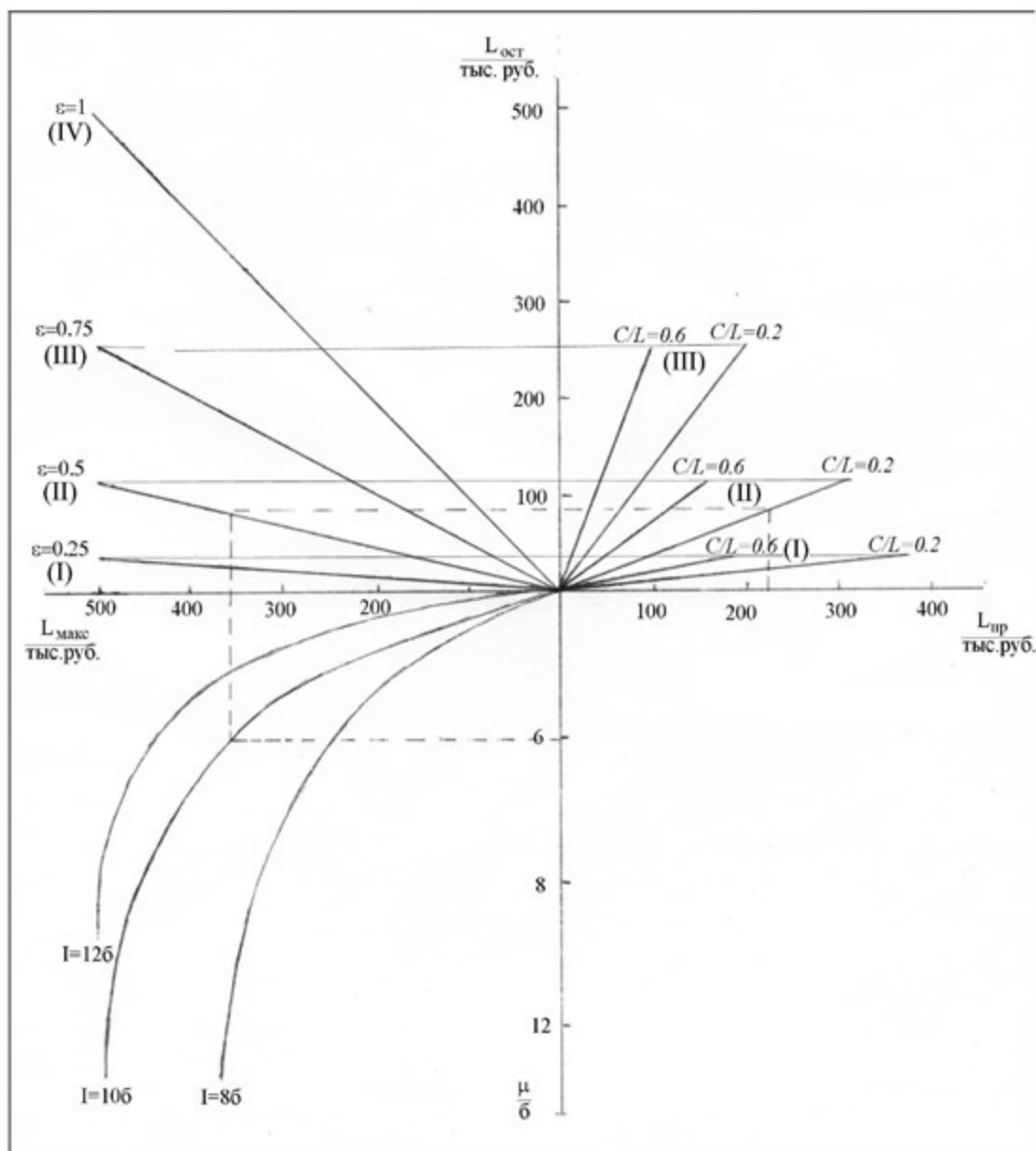
Предотвращённые потери (L_{π}) – это часть максимально возможных потерь, которую удаётся предотвратить благодаря успешным прогнозам и заблаговременно принятым мерам защиты. L_{π} возможны только в случае правильности прогноза наличия опасных условий погоды. $\Pi \sim \Phi \rightarrow n_{11}$

Не предотвращённые потери ($L_{н}$) – это часть максимально возможных потерь, которую не удаётся предотвратить, несмотря на принятые меры защиты.

Потенциально предотвращённые потери ($L_{пп}$) – это убытки, которые можно предотвратить путём совершенствования мер защиты.

Потенциально не предотвращённые потери ($L_{ппп}$) – это убытки, которые невозможно предотвратить.

ПРЕДОТВРАЩЕННЫЕ ПОТЕРИ



Номограмма для определения предотвращенных потерь потребителя $L_{пр}$ в условиях различной интенсивности и продолжительности неблагоприятного явления погоды

Предотвращенные потери

$$L_{пр} = L - \varepsilon L$$

Аппроксимация предотвращённых потерь потребителя

$$L_{пр} = L_{max} (1 - Ae^{-(1-\varepsilon)}) \left(1 - \frac{C}{L}\right)$$

где

$$A = \frac{e^{-(1-\varepsilon)} - e^{-1}}{1 - e^{-1}}$$

МАТРИЧНАЯ ФОРМА ОБОБЩЕНИЯ И АНАЛИЗА ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

$$(n_{ij}) = \begin{vmatrix} n_{11} & n_{12} & \dots & n_{1m} \\ n_{21} & n_{22} & \dots & n_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ n_{n1} & n_{n2} & \dots & n_{nm} \end{vmatrix} \Rightarrow (p_{ij}) = \begin{vmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1m} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & p_{nm} \end{vmatrix} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (q_{ij}) = \begin{vmatrix} q_{11} & q_{12} & \dots & q_{1m} \\ q_{21} & q_{22} & \dots & q_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ q_{n1} & q_{n2} & \dots & q_{nm} \end{vmatrix}$$

$$p_{ij} = n_{ij}/N, \quad q_{ij} = n_{ij}/n_{oi}$$



**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ПОГОДНО-
ХОЗЯЙСТВЕННОГО РЕШЕНИЯ И
СТРАТЕГИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ИНФОРМАЦИИ О ПОГОДЕ**

ПОГОДО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РЕШЕНИЯ И СТРАТЕГИИ

- Гидрометеорологические условия - *экзогенный* фактор, влияющий на принятие управленческих решений.
- Прогнозы погоды - разновидность информационных ресурсов.
- Погодо-хозяйственное решение принимается в зависимости от ожидаемой погоды и специфики планируемой производственной операции.
- Оптимальное решение обеспечивает потребителю достижение производственной цели, минимизируя издержки производства.
- Погодо-хозяйственная стратегия - правила использования информации о погоде при принятии экономических решений.
- Оптимальная стратегия обеспечивает самое выгодное использование информационного ресурса.

Выбор оптимальных решений в условиях полной неопределенности - метод минимакса - максимина

Поведение игрока А – природы (погоды, климата), Φ_i	Стратегия, решение, действие d_j игрока В				
	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5
Φ_1	3	5	3	4	4
Φ_2	7	3	5	4	4
Φ_3	6	4	8	5	4
Φ_4	2	3	4	5	6
Φ_5	5	4	3	6	4
a_j^{max}	7	5	8	6	6
a_j^{min}	2	3	3	4	3

Задачи:

Выбор объемов сезонного
запаса топлива

Выбор места строительства
объекта в зависимости от мезо-
и микроклиматических условий

Выбор оросительной системы и
нормы орошения в зависимости
от влагообеспеченности.

принцип минимакса

$$a_j^{max} = \max_i a(d_j, \Phi_i) \quad (i = \overline{1, n}; j = const)$$

$$a_{min} = \min_j \max_i a(d_j, \Phi_i)$$

принцип максимина

$$a_j^{min} = \min_i a(d_j, \Phi_i) \quad (i = \overline{1, n}; j = const)$$

$$a_{max} = \max_j \min_i a(d_j, \Phi_i)$$

Выбор оптимальных решений в условиях
частичной неопределенности - метод Байеса

Безусловная (априорная) вероятность $p(\Phi_i) = p_{i0} = \frac{n_{i0}}{N}$ $p(\Pi_j) = p_{0j} = \frac{n_{0j}}{N}$

Совместная вероятность $p(\Phi_i, \Pi_j) = p_{ij} = \frac{n_{ij}}{N}$

Условная вероятность реализации текста прогноза

1. С какой вероятностью можно ожидать явление, если об этом явлении имеется предварительная информация в виде прогноза?

Формула Байеса - формула вероятностей гипотез

$$p\left(\frac{\Phi_i}{\Pi}\right) = \frac{p(\Phi_i) \cdot p\left(\frac{\Pi}{\Phi_i}\right)}{\sum_{i=1}^n p(\Phi_i) \cdot p\left(\frac{\Pi}{\Phi_i}\right)} \quad p\left(\frac{\Phi_i}{\Pi}\right) \rightarrow q_{ij}$$

2. Насколько вероятно получить данный текст прогноза, если полагать, что фаза погоды осуществилась?

Вероятность правильных прогнозов наличия опасного явления
(предупрежденность ОЯ)

Выбор целевой функции - критерии оптимальности

Средние потери

(**функция цели** - снижение издержек на производстве

при выполнении хозяйственных операций в погодозависимых отраслях)

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m s(\Phi_i, d_j) \cdot p(\Phi_i, \Pi_j)$$

Альтернативный прогноз

$$\bar{R} = \frac{1}{N} \cdot [n_{11} \cdot s_{11} + n_{21} \cdot s_{21} + n_{12} \cdot s_{12}]$$

Учет некардинальности мер защиты - уточнение байесовского подхода к оценке средних потерь

$$\bar{R} = \frac{1}{N} [n_{11} (s_{11} - s_{12} (1 - 2 \varepsilon)) + n_{21} s_{21} + n_{12} s_{12}]$$

Оптимальная стратегия

$$S_{opt} = \min_{\langle S \rangle} \bar{R}$$

$$S_{opt} = \max_{\langle S \rangle} \bar{G}$$

Средний доход

(**функция цели** – увеличение дохода в погодозависимых отраслях)

$$\bar{G} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m g(\Phi_i, d_j) \cdot p(\Phi_i, \Pi_j)$$

Условия частичной неопределенности: погодный фактор представляется в дискретной форме, осуществление выбранных градаций характеризуется определенными вероятностями


СТРАТЕГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ПОГОДЕ

Стратегия постоянного применения мер защиты (первая климатологическая стратегия);

Стратегия постоянного пренебрежения мерами защиты (вторая климатологическая стратегия);

Стратегия применения мер защиты в соответствии с текстом прогноза (прогностическая стратегия).

ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ



Стратегия ориентации на методический
прогноз

Стратегия ориентации на инерционный
прогноз

Стратегия оптимального использования
методических прогнозов

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ПРИ КАРДИНАЛЬНЫХ МЕРАХ ЗАЩИТЫ ОБЩИЕ, СРЕДНИЕ И НОРМИРОВАННЫЕ ПОТЕРИ

Стратегия потребителя	Потери потребителя		
	Общие (R)	Средние (\bar{R}) (N)	Нормированные (E) (L)
$S_{\text{кл.1}}$	$R_{\text{кл.1}} = C \cdot N$	$\bar{R}_{\text{кл.1}} = C$	$E_{\text{кл.1}} = C / L$
$S_{\text{кл.2}}$	$R_{\text{кл.2}} = L \cdot n_{10}$	$\bar{R}_{\text{кл.2}} = L \cdot p_{10}$	$E_{\text{кл.2}} = p_{10}$
$S_{\text{м}}$	$R_{\text{м}} = C \cdot n_{01} + L \cdot n_{12}$	$\bar{R}_{\text{м}} = C \cdot p_{01} + L \cdot p_{12}$	$E_{\text{м}} = \frac{C}{L} \cdot p_{01} + p_{12}$
$S_{\text{ук}}$	$R_{\text{ук}} = C \cdot n_{01}^{\text{ук}} + L \cdot n_{12}^{\text{ук}}$	$\bar{R}_{\text{ук}} = C \cdot p_{01}^{\text{ук}} + L \cdot p_{12}^{\text{ук}}$	$E_{\text{ук}} = \frac{C}{L} \cdot p_{01}^{\text{ук}} + p_{12}^{\text{ук}}$
$S_{\text{ид}}$ идеальные прогнозы	$R_{\text{ид}} = C \cdot n_{01}^{\text{ид}}$	$\bar{R}_{\text{ид}} = C \cdot p_{01}^{\text{ид}}$	$E_{\text{ид}} = \frac{C}{L} \cdot p_{01}^{\text{ид}}$

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ПРИ НЕКАРДИНАЛЬНЫХ МЕРАХ ЗАЩИТЫ ($\varepsilon > 0$)

Стратегия постоянного применения мер защиты

Общие потери $R_{\text{кз1}} = C \cdot N + \varepsilon \cdot L \cdot n_{10}$

Средние потери $\bar{R}_{\text{кз1}} = C + \varepsilon \cdot L \cdot p_{10}, p_{10} = \frac{n_{10}}{N}$

Стратегия постоянного пренебрежения мерами защиты

Общие потери $R_{\text{кз2}} = L \cdot n_{10}$

Средние потери $\bar{R}_{\text{кз2}} = L \cdot p_{10}, p_{10} = \frac{n_{10}}{N}$

Стратегия использования мер защиты в соответствии с текстом прогноза

$$\bar{R} = \frac{1}{N} \cdot [n_{11}(s_{11} - s_{12}(1 - 2 \cdot \varepsilon)) + n_{21} \cdot s_{21} + n_{12} \cdot s_{12}]$$

здесь $s_{11} = s_{21} = C, s_{12} = L$

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Первый фермер

Опасное явление – заморозки
Ленинградская область

$C_1 = 1\ 000$ рублей

$L_1 = 10\ 000$ рублей

$n_{10} = 12$ дней

$N = 50$ дней

$50\ 000$ рублей $< 120\ 000$ рублей

Первый фермер будет принимать стратегию постоянного применения мер защиты, поскольку она минимизирует издержки, связанные с неблагоприятной погодой.

Второй фермер

Опасное явление – заморозки
Ленинградская область

$C_2 = 10\ 000$ рублей

$L_2 = 25\ 000$ рублей

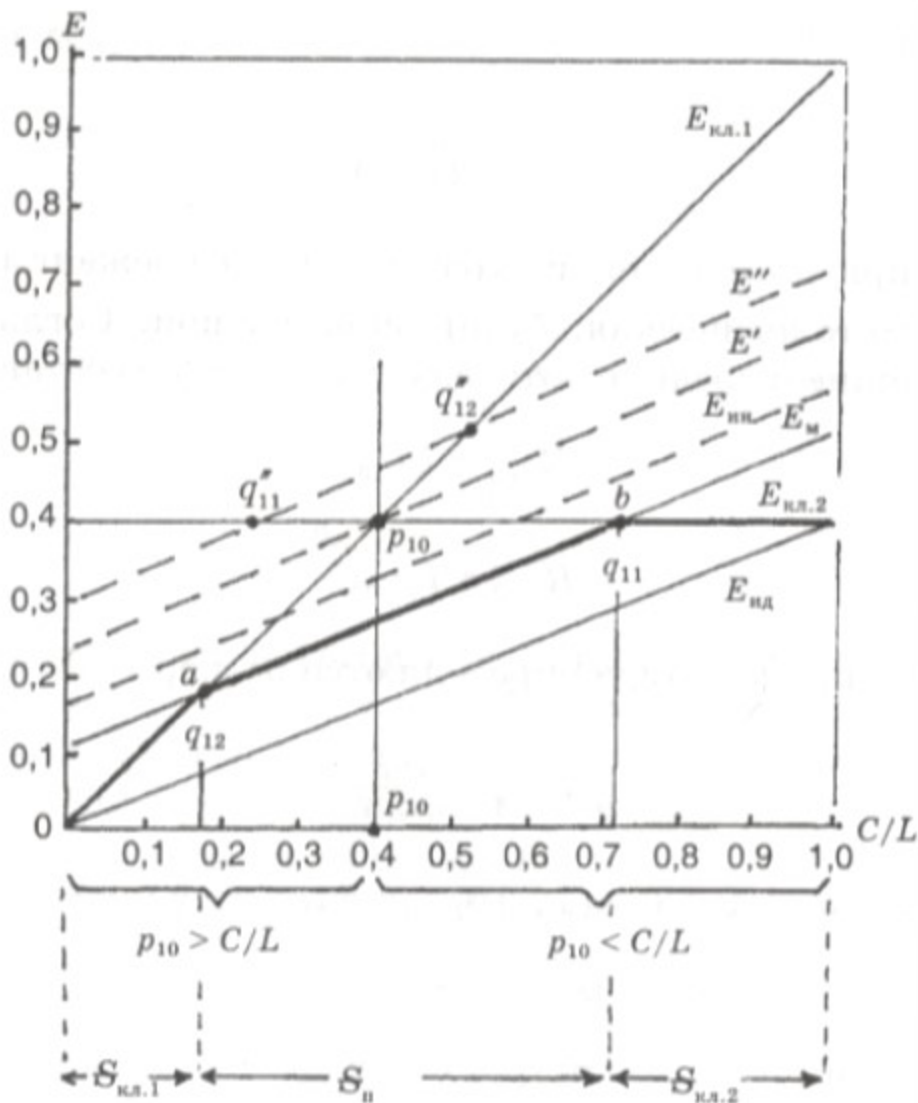
$n_{10} = 12$ дней

$N = 50$ дней

$500\ 000$ рублей $> 300\ 000$ рублей

Для второго фермера выгодно постоянное пренебрежение мерами защиты, поскольку именно она приносит издержки.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ



Номограмма потерь
при кардинальных
мерах защиты

СТРАТЕГИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ

Методические прогнозы разрабатываются на основе:

- физико-статистического метода
- гидродинамического метода
- численного метода

Матрица условных вероятностей

$$(q_{ij}) = \begin{array}{c|cc} & \Pi & \bar{\Pi} \\ \hline \Phi & q_{11} & q_{12} \\ \bar{\Phi} & q_{21} & q_{22} \end{array}$$

Матрица потерь потребителя
при кардинальных мерах защиты

$$(s_{ik}) = \begin{array}{c|cc} & d(\Pi) & d(\bar{\Pi}) \\ \hline \Phi & s_{11} & s_{12} \\ \bar{\Phi} & s_{21} & s_{22} \end{array}$$

Матрица систематических потерь

$$(\bar{R}_{kj}) = \begin{array}{c|cc} & \Pi & \bar{\Pi} \\ \hline d & \bar{R}_{11} & \bar{R}_{12} \\ \bar{d} & \bar{R}_{21} & \bar{R}_{22} \end{array}$$

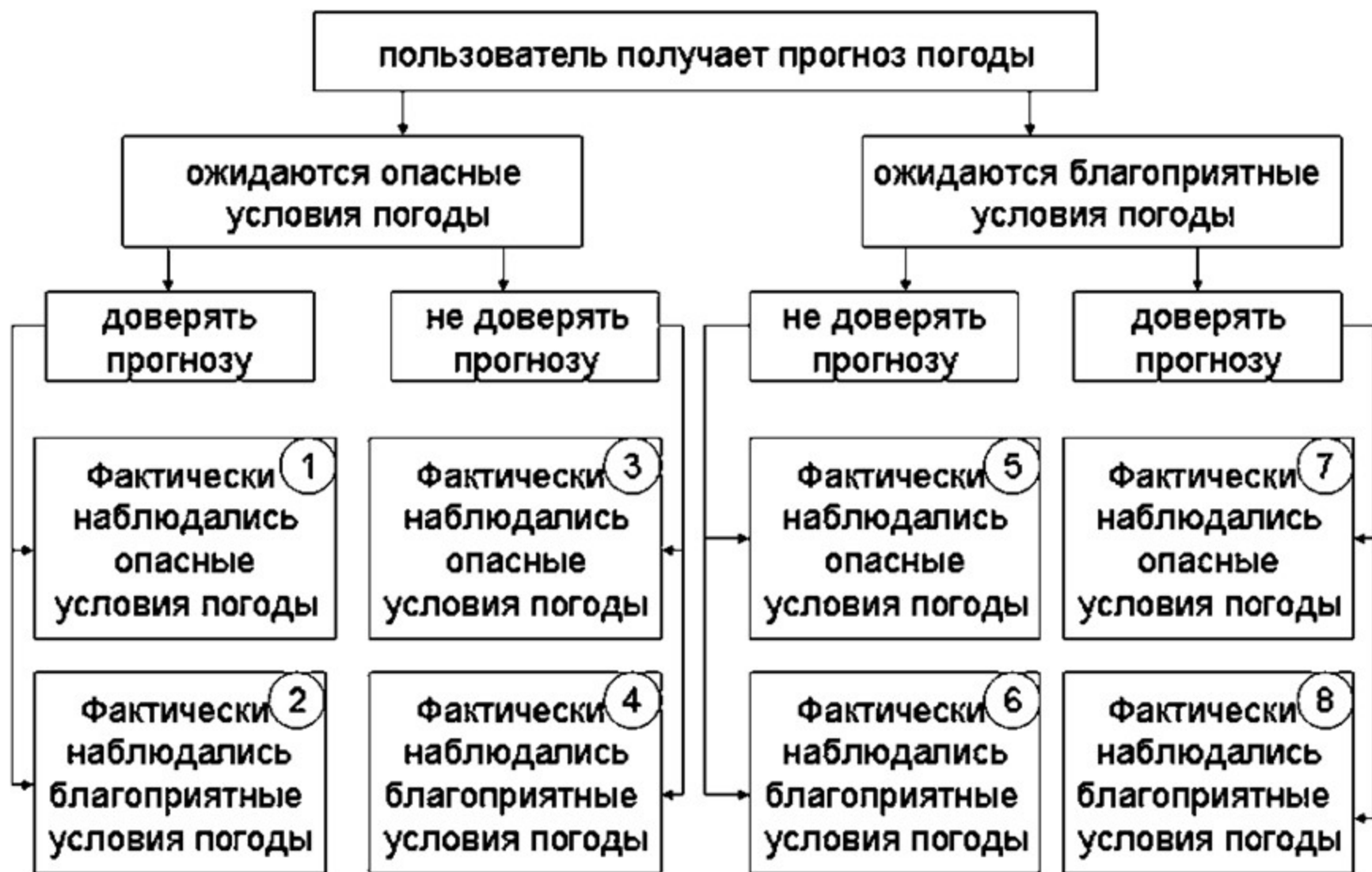
$$\bar{R}_{11} = s_{11} \cdot q_{11} + s_{21} \cdot q_{21}$$

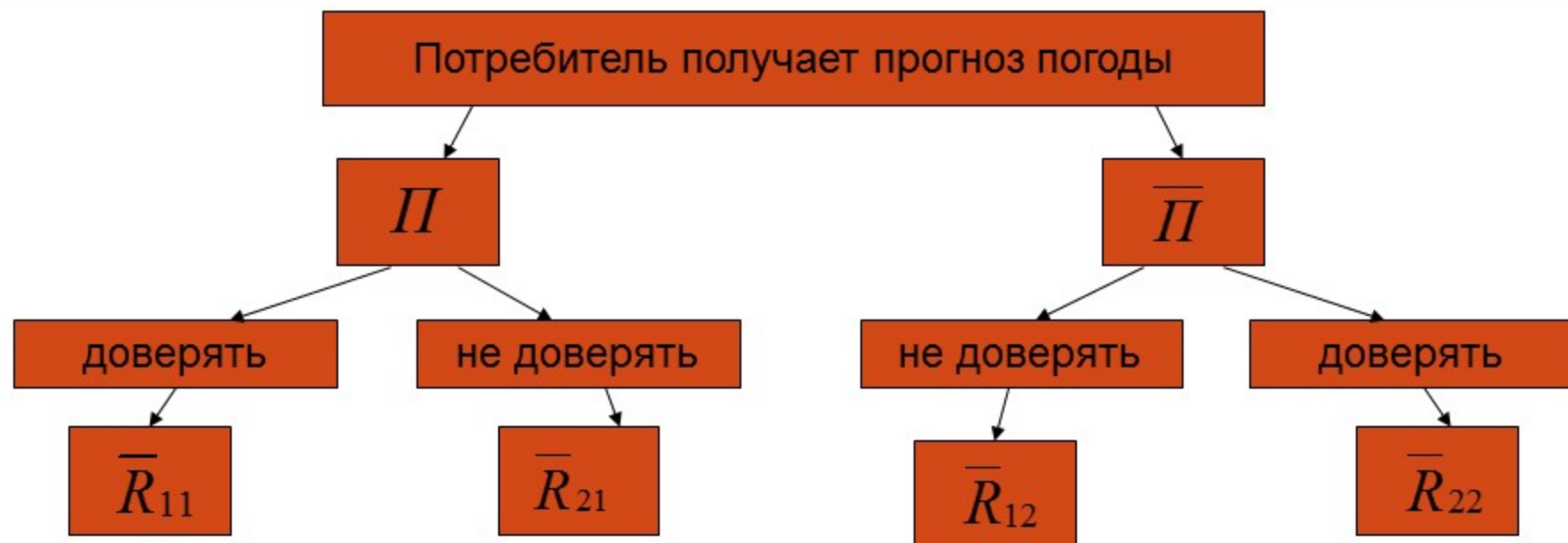
$$\bar{R}_{21} = s_{12} \cdot q_{11} + s_{22} \cdot q_{21}$$

$$\bar{R}_{12} = s_{11} \cdot q_{12} + s_{21} \cdot q_{22}$$

$$\bar{R}_{22} = s_{12} \cdot q_{12} + s_{22} \cdot q_{22}$$

$$\bar{R}_{kj} = \sum_{k=1}^{n=m} s_{ik} \cdot q_{ij}$$





Средние потери при оптимальном использовании прогнозов

$$\bar{R}_{\text{опт}} = \sum_{j=1}^m p_{0j} \min \bar{R}_{kj}(\Pi_j)$$

Средние потери при стратегии доверия прогнозам

$$\bar{R}_M = \sum_{j=1}^m p_{0j} \bar{R}_{i=j}(\Pi_j)$$